

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΥΤΕΥΣΕΩΝ

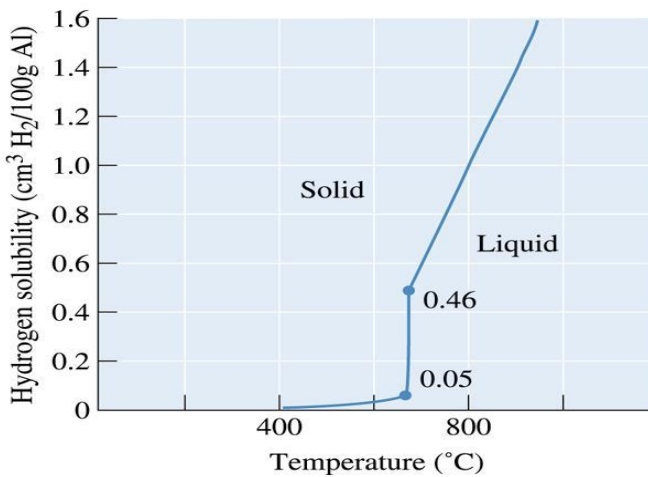
Πορώδες αερίων

Πορώδες που προέρχεται από αέρια διαλυμένα στο υγρό τα οποία εκροφώνται κατά τη στερεοποίηση λόγω μικρής διαλυτότητας. Κυρίως υδρογόνο είναι το αέριο που διαλύεται στο υγρό αλουμίνιο.

Αν τα καλούπια δεν είναι καλά σχεδιασμένα, κατά την πλήρωσή τους, το υγρό αλουμίνιο λόγω τυρβώδους ροής παγιδεύει αέρια, που παρουσιάζονται κατά την στερεοποίηση.

Οι ρητίνες (binders) των καλουπιών, κατά την χύτευση καίγονται όταν έρθουν σε επαφή με το λειωμένο μέταλλο και τα προϊόντα της καύσης ωθούνται στο στερεοποιούμενο μέταλλο. Τέτοια σφάλματα είναι γνωστά σα φυσαλίδες.

Υδρογόνο



Διαλυτότητα H₂ συναρτήσει της θερμοκρασίας
Όταν η μερική πίεση του H₂ είναι 1 atm

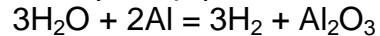
Το υδρογόνο παρουσιάζει μεγάλη διαλυτότητα στο Αλουμίνιο σε θερμοκρασίες άνω των 700° C

Πηγές εισόδου υδρογόνου

-Κατά την τήξη (επαφή με αέρα, υλικά επένδυσης φούρνου με υγρασία κλπ) κυρίως.

-Αντίδραση με το καλούπι κατά την ροή μέσα στο σύστημα τροφοδοσίας

-Αντίδραση με αέρια από την καύση των ρητινών

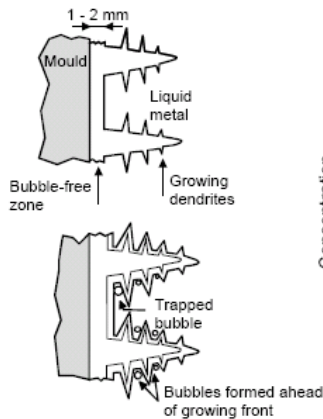
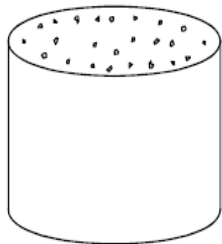


Χαρακτηριστικά

Ομοιόμορφη κατανομή,

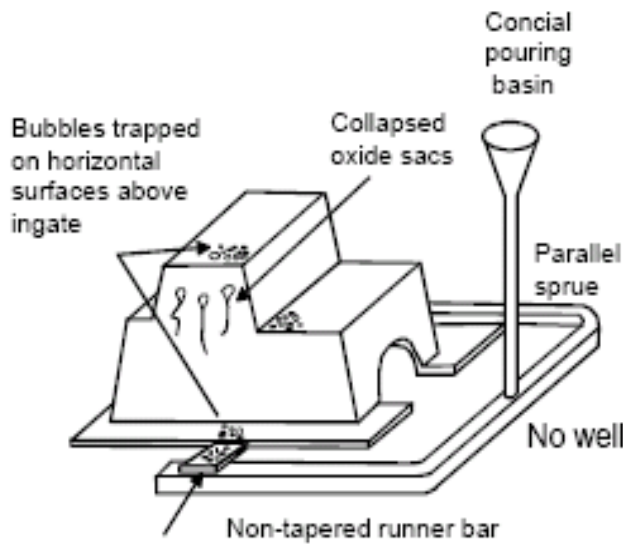
μέγεθος 0,05-0,5 mm,

επιφανειακό στρώμα 1-2mm χωρίς φυσαλίδες



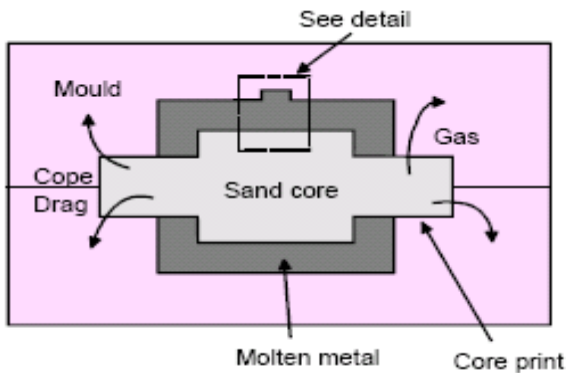
Λύση: Επικάλυψη τηγμένου μετάλλου με προστατευτικό στρώμα, απαέρωση πριν τη χύτευση

Αέρια παγιδευμένα κατά τη ροή στα συστήματα τροφοδοσίας



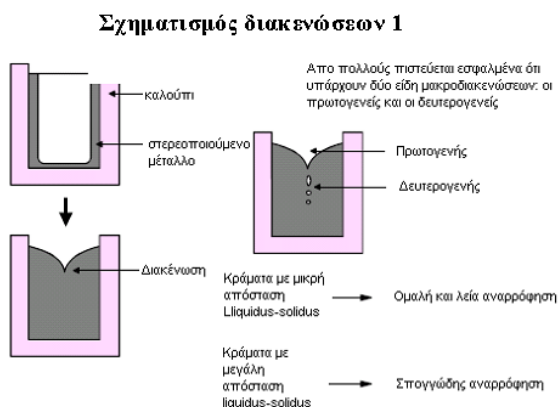
- Συνήθως προκαλούνται από κακό σχεδιασμό του συστήματος τροφοδοσίας που προκαλεί τυρβώδη ροή.
- Χαρακτηριστικά:
 - Φυσαλίδες παγιδευμένες σε οριζόντιες επιφάνειες κυρίως μετά την είσοδο του μετάλλου
 - Ακανόνιστα σε μέγεθος
 - Σύνηθες μέγεθος από 0,5-5mm
- Λύση: Βελτίωση του συστήματος τροφοδοσίας

Αέρια από την καύση συνδετικών ρητινών καλουπιών



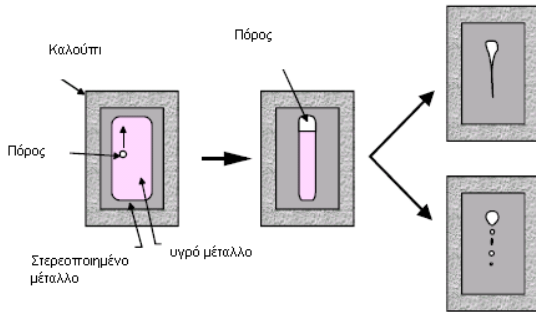
- Χαρακτηριστικά
 - Μέγεθος μέχρι και 100mm πλάτος και 10mm πάχος
 - Κανονικό σχήμα
 - Σχηματίζονται υποεπιφανειακά
- Λύσεις
 - Εξαerώσεις
 - Συνδετικές ρητίνες που καίόμενες να αποδίδουν λιγότερα αέρια
 - Γρήγορο γέμισμα καλουπιού

Πορώδες συστολής Διακενώσεις (μακροπορώδες)

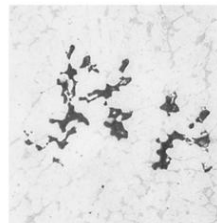
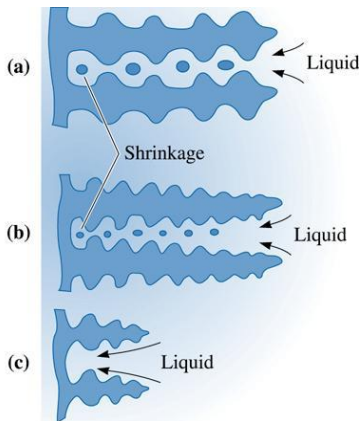


- Ομαλή και λεία διακένωση για κράματα με μικρή απόσταση Liquidus-Solidus
- Σπογγώδης διακένωση σε κράματα με μεγάλη απόσταση Liquidus-Solidus
- Λύση στο πρόβλημα των διακενώσεων αποτελεί η τοποθέτηση προσεπιχωνευμάτων σε κατάλληλες θέσεις

Σχηματισμός διακένωσης 2



Διακένωση σε πλήρως απομονωμένη περιοχή. Είναι λάθος να πιστεύουμε ότι θα δημιουργηθεί στο «θερμικό κέντρο». Πόρος θα μπορούσε να δημιουργηθεί οπουδήποτε και να ανέλθει λόγω άνωσης στο ανώτερο επιτρεπτό σημείο. Αν η γεωμετρία είναι τέτοια και καθώς η πορεία του πόρου καθυστερεί, δημιουργείται μια εκτεινόμενη σπηλαιώση



(d)

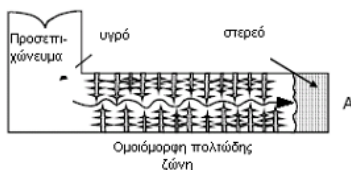
Μικροπορώδες συστολής

Μπορεί να σχηματισθεί ανάμεσα στους δενδρίτες. Μικρή απόσταση δευτερογενών δενδριτών, όπως και μικροί πρωτογενείς κλάδοι προκαλούν μικρότερο πορώδες

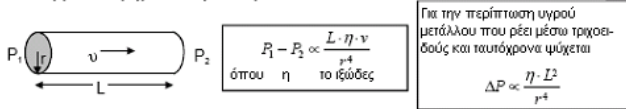
Μικροπορώδες

Μικροπορώδες

Ροή στη ζώνη ημίρρευστης κατάστασης



Ροή μέσω τριχοειδούς σωλήνα



Παρουσιάζεται σε κράματα με μεγάλη απόσταση Liquidus-Solidus ή/και όταν η θερμοκρασιακή βάρθρωση είναι μικρή.

Οι συνθήκες αυτές δημιουργούν μια ομοιόμορφη ημίρρευστη ζώνη που είναι μεγαλύτερη και πιο έντονη σε:

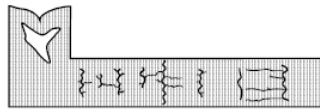
- 1.Μέταλλα με υψηλή αγωγιμότητα όπως τα κράματα αλουμινίου.
- 2.Μεθόδους με υψηλή θερμοκρασία καλούπιού όπως η μέθοδος του χαμένου κεριού

3. Χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας καλούπια, όπως άμμος κεραμικά κλπ.

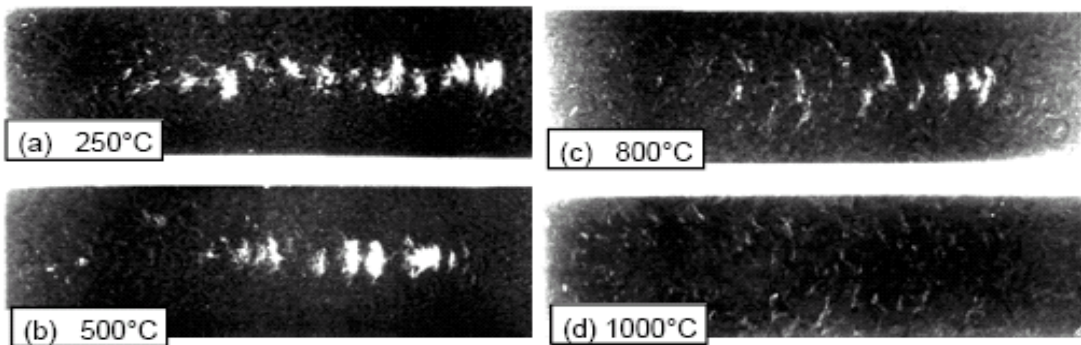
Σχηματισμός επίπεδου πορώδους III



Τελική κατάσταση χυτού



Πρέπει να τονισθεί ότι το μικροπορώδες και το επίπεδο πορώδες αναπτύσσονται μέσα στο υγρό χωρίς να διαταράζουν την αλληλουχία των δενδριτών, που τείνουν να τα γεφυρώσουν μη δημιουργώντας δραματικές επιπτώσεις στις τελικές αντοχές του χυτού



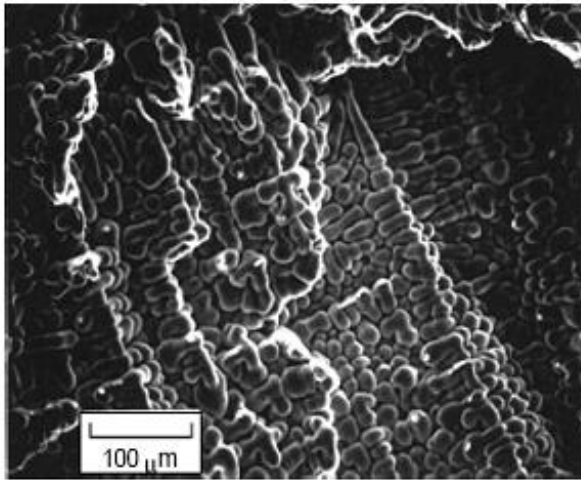
Ραδιογραφίες από μπάρες 100x30x5 κράματος νικελίου χυτευμένου στους 1620° C σε κενό (15μm Hg) με θερμοκρασίες καλουπιού που φαίνονται:
Από τη ραδιογραφία γίνεται σαφές ότι η αξονική συστολή, το επίπεδο πορώδες και το κατανεμημένο μικροπορώδες είναι όλα μορφές του πορώδους συστολής..
Οι συνθήκες χύτευσης διαφοροποιούνται, αλλάζοντας τις θερμοκρασίες του καλουπιού, επομένως και τη θερμοκρασιακή βάρθρωση ώστε να έχουμε ομοιόμορφη ψύξη της ημίρρευστης ζώνης. Παρόμοια αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με αλλαγές από κράματα με μικρή απόσταση Liquidus-Solidus σε άλλα με μεγάλη.

Θερμές ρωγμές

Χαρακτηριστικά των θερμών ρωγμών

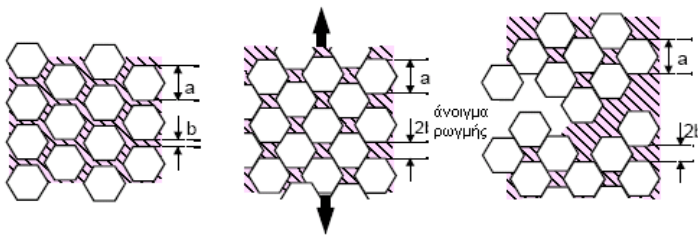
- Ακανόνιστη ρωγμή
- Ο κύριος και οι δευτερεύοντες κλάδοι ακολουθούν περικρυσταλλική μορφή
- Η ρωγμάτωση έχει δενδριτική μορφολογία και η επιφάνεια της είναι πολύ οξειδωμένη
- Συχνά ξεκινά από θερμό σημείο
- Συμβαίνει και εκτείνεται τυχαία

Συμβαίνουν σε μερικά κράματα ενώ σε άλλα δεν συμβαίνουν καθόλου



- Όψη από SEM της επιφάνειας θερμής ρωγμής χυτού κράματος Al-7Si-0,5Mg

Μηχανισμός θερμής ρωγμής



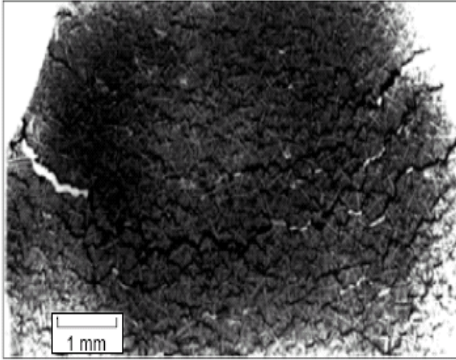
1. Αρχικό στάδιο: Εξαγωνικοί κόκκοι που περιβάλλονται από ένα λεπτό στρώμα υγρού

2. Εφαρμογή εφελκυστικών τάσεων οδηγεί επαφή - σύγκρουση κόκκων και τη δημιουργία διακρυσταλλικών νησίδων υγρού μετάλλου

3. Συνεχιζόμενη τάση οδηγεί σε άνοιγμα θερμής ρωγμής

Εφελκυστικές τάσεις (αποτέλεσμα της γραμμικής συστολής του χυτού που ψύχεται) τείνουν να απομακρύνουν τους κόκκους προς μια διεύθυνση και να τους φέρουν κοντά προς την κάθετη. Στην αρχή γίνεται μια ομοιόμορφη αποκόλληση μεταξύ μερικών κόκκων, αλλά μετά εκτείνεται σε κλάδους.

Το υγρό επαναδιατάσσεται γεμίζοντας τα κενά (και μάλιστα με πιά πλούσια σύνθεση όσον αφορά το κραματικό στοιχείο). Μέχρι αυτό το στάδιο η ρωγμή δεν παρουσιάζει πρόβλημα . Εάν συνεχίσουν να εφαρμόζονται τάσεις το υγρό δεν μπορεί να συνεχίσει να γεμίζει το κενό, αέρας εισέρχεται και αρχίζει η εμφάνιση της θερμής ρωγμής.



Ραδιογραφία θερμής ρωγμής σε κράμα Al-6.6Cu που έχει υποστεί εκλέπτυνση κόκκου. Οι σκοτεινές περιοχές είναι περιοχές ευτηκτικής πλούσιας σε χαλκό. Οι άσπρες είναι θερμές ρωγμές



Θερμή ρωγμή γεμισμένη με υγρό σε κράμα Al-10Cu που έχει χυτευθεί χωρίς εκλέπτυνση κόκκου, σε θερμοκρασία 250°C πάνω από τη liquidus

Στο επίπεδο πορώδες, η συστολή όγκου κατά τη στερεοποίηση, είναι που οδηγεί σε διαχωρισμό του υγρού, αφήνοντας την διάταξη των δενδριτών ανεπηρέαστη. Αντίθετα στις θερμές ρωγμές η κινητήρια δύναμη είναι η γραμμική συστολή του χυτού καθώς ψύχεται, που στην αρχή διαχωρίζει τους δενδρίτες και οδηγεί σε εξάπλωση του πόρου στο υγρό

Πρόληψη θερμών ρωγμών

- Αν είναι δυνατόν να αλλάξει η γεωμετρία του χυτού ώστε να μειώνονται οι συγκεντρώσεις τάσεων και τα “θερμά” σημεία (π.χ. μεγαλώνοντας τα radius)
- Τοπικά θερμά σημεία μπορούν να μειωθούν με τοπικές ψύκτρες που θα εμποδίσουν παρατεταμένη ψύξη.
- Μειώνουμε την αντοχή του καλουπιού ώστε να έχουμε μικρότερη αντίσταση κατά τη γραμμική συστολή
- Η επιβελτίωση βοηθά την μείωση της έναρξης των θερμών ρωγμών καθώς η τάση διαμοιράζεται σε περισσότερα όρια κόκκων
- Μείωση της θερμοκρασίας χύτευσης βοηθά κυρίως λόγω της μείωσης του μεγέθους των κόκκων
- Πολλές φορές αλλάζοντας την σύνθεση των κραματικών στοιχείων (μέσα στα όρια των προδιαγραφών). (Π.χ. αυξάνοντας τον όγκο του ευτηκτικού υγρού αυξάνει η δυνατότητα αποδοχής τάσεων)
- Κατάλληλη τοποθέτηση προσεπιχωνευμάτων ώστε το χυτό να διαιρεθεί σε

περιοχές μικρών μηκών ώστε να μειωθούν οι αναπτυσσόμενες τάσεις

Ρωγματώσεις

- Σχηματίζονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες της Solidus.
- Είναι πιο ευθύγραμμες και απαλές από τις θερμές ρωγμές.
- Είναι ενδοκρυσταλλικές αλλά και περικρυσταλλικές.
- Μπορούν να μην έχουν οξειδωμένες επιφάνειες (αν σχηματιστούν σε χαμηλές θερμοκρασίες)
- Πηγές τάσεων
 - Διαφορετικές ψύξεις
 - Αντίδραση καλουπιών
 - Μετασχηματισμοί φάσεων
 - Θερμικές κατεργασίες
- Πρόληψη
 - Μείωση των τάσεων
 - Αποφεύγοντας μεγάλες αυξομειώσεις διατομών
 - Μειώνουμε αντίδραση καλουπιών
 - Ελαχιστοποιούμε τη θερμική κατεργασία ή χρησιμοποιούμε εναλλακτική